

Taru Telén

SÄHKÖNJAKELUVERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2013

TIIVISTELMÄ

Telén, Taru
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu, 2013
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Sivumäärä: 38
Liitteitä: 2

Asiasanat: tavoiteverkko, kehittämissuunnitelma, sähköverkon suunnittelu, toimitusvarmuus

Tämä opinnäytetyö tehtiin Rauman Energia Oy:lle. Aiheena oli suunnitella sähköjakeluverkon kehittämissuunnitelma. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä pitkän tähtäimen suunnitelma Rauman Energian sähköjakeluverkosta. Työssä karotettiin tulevaisuuden verkolle asetettavat tavoitteet ja esitettiin menetelmät sekä työkalut jakeluverkon kehittämiseksi. Lisäksi selvitettiin sähköjakeluverkon nykytilaa ja erilaisia vaihtoehtoja alueen sähkönlaadun ja toimitusvarmuuden parantamiseksi.

ABSTRACT

Telén, Taru
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in electrical engineering
March, 2013
Supervisor: Nieminen, Esko
Number of pages: 38
Appendices: 2

Keywords: Target network, development plan, network planning, delivery reliability

This thesis was carried out for the Rauman Energia Oy. Topic of this thesis was to design an electrical distribution network development plan. The objective was to make a long-term plan of the electrical distribution network in Rauma area. Mapped to the network of the future targets to be established and presented methods and tools in order to develop an electrical distribution network. In addition investigated possibilities in ways to improve the quality and reliability of supply.

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty Satakunnan ammattikorkeakoulun Sähkötekniikan koulutusohjelman päättötyönä Rauman Energia Oy:n toimeksiannosta. Työn ohjaajana ja tarkastajana on toiminut Esko Nieminen. Rauman Energia Oy:ltä ohjaajana on ollut verkkojohtaja Marko Silokoski.

Suuret kiitokset Rauman Energia Oy:n työntekijöille, jotka ovat auttaneet minua päättötyötäni koskevissa asioissa. Erityiskiitokset kuuluvat päättötyöni valvojalle, sähköverkon verkkojohtajalle Marko Silokoskelle ja sähköverkko-osaston työntekijöille. Haluan myös kiittää Niemisen Eskoa opinnäytetyöni ohjaamisesta.

Raumalla 28. maaliskuuta 2013

Taru Telén

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 7 |
| 1.1 | Tavoitteet | 7 |
| 1.2 | Rauman Energia Oy | 7 |
| 2 | SUUNNITTELUUN KÄYTETTÄVÄT TYÖKALUT | 8 |
| 2.1 | Suunnittelun tavoitteet | 8 |
| 2.2 | Tekla NIS | 8 |
| 2.3 | Verkon analysointiin käytettävät työkalut | 9 |
| 2.3.1 | Kuntoindeksi | 9 |
| 2.3.2 | Finder-kyselyt | 11 |
| 2.3.3 | Teema- ja tilastoanalyysi | 13 |
| 3 | VERKON NYKYTILANNE | 16 |
| 3.1 | Rauman Energian sähköverkko | 16 |
| 3.2 | Sähköverkon tila | 17 |
| 4 | SÄHKÖVERKON SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN | 18 |
| 4.1 | Sähköverkon tulevaisuuden visio | 18 |
| 4.2 | Keskijänniteverkon kehittäminen yleisesti | 19 |
| 4.3 | Teema- ja tilastoanalyysi TSA -sovelluksen hyödyntäminen..... | 20 |
| 4.3.1 | Sovelluksen tehokas hyödyntäminen suunnittelussa..... | 21 |
| 4.4 | Vanhan 20 kV verkon saneeraus ja uusiminen | 23 |
| 4.5 | 1 kV sähköjakelu..... | 24 |
| 4.5.1 | 1 kV rooli Rauman Energian verkossa | 25 |
| 4.6 | Älykäs sähköverkko vaatii verkostoautomaatiota ja verkon topologiamuutoksia | 29 |
| 4.7 | Haja-asutusalueen haasteet | 30 |
| 4.8 | Jakeluverkkojen saneeraus ja uudisrakentaminen vaatii joustavuutta | 31 |
| 5 | TALOUS TULEVAISUUDESSA | 31 |
| 5.1 | Taloudelliset haasteet..... | 31 |
| 5.2 | Tulevat merkittävät investointi- ja tuotantohankkeet | 33 |
| 5.3 | Investoinnit ja tasapoistot hallintaan..... | 33 |
| 5.4 | Tuotto..... | 34 |
| 5.5 | Rahoitus | 34 |
| 6 | YHTEENVETO | 35 |

| | |
|--------------|----|
| LÄHTEET..... | 36 |
| LITTEET..... | 38 |

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

Lyhenteet

| | |
|-----|------------------------------|
| REO | Rauman Energia Oy |
| EMV | Energiamarkkinavirasto |
| TEM | Työ- ja elinkeinoministeriö |
| VSV | Vakka-Suomen Voima Oy |
| KJ | Keskijännite |
| PJ | Pienjännite |
| PTS | Pitkän tähtäimen suunnitelma |
| TSA | Teema- ja tilastoanalyysi |
| SQL | Structured Query Language |

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Keväällä 2012 työ- ja elinkeinoministeriö teki esityksen valtioneuvostolle sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamisesta ja sähkömarkkinalain tiukentamisesta. Toimitusvarmuuden parantamiseksi verkkoyhtiöiden on toteutettava suunnitelma verkon kehittämistä. Lähtökohtana oli se, ettei taajama-alueilla keskeytysaika olisi yli 6 tuntia ja haja-asutusalueilla yli 36 tuntia. Verkkoyhtiöt saivat itse päättää toimenpiteet. Periaatteena kuitenkin oli se, että investointeja pitää huomattavasti lisätä ja kaapelointiastetta nostaa, jotta vaatimukset saadaan täytettyä. Lisäksi rengasverkkoa ja erottimia on lisättävä, jotta tavoitteisiin päästään. Tavoite on asetettu 15 vuoden päähän vuoteen 2027, välitavoitteet ovat vuosina 2019 ja 2023. Vuoteen 2019 mennessä toimitusvarmuusvaatimusten tulisi toteutua vähintään 50 prosentilla asiakkaista, ei kuitenkaan koske vapaa-ajan asuntoja. Vuoteen 2023 mennessä toimitusvarmuuden tulisi olla 75 prosenttia asiakkaista, koskematta vapaa-ajan asuntoja ja vuoden 2028 lopulla kaikkien asiakkaiden kohdalla./1/

1.2 Rauman Energia Oy

Rauman Energia Oy on eteläisessä Satakunnassa sijaitseva energiayhtiö. Yhtiöllä on kolme pääliiketoimintaa, jotka ovat sähkön siirto, sähkön tuotanto ja kaukolämpö. Rauman kaupungin kokonaan omistama energiayhtiö on viime vuosina verkostoitunut kumppanuusyriyten kanssa. Rauman Energian ja Vakka-Suomen Voiman puoleksi omistama Lännen Omavoima Oy vastaa nykyään sähkön hankinnasta ja myynnistä. Rauman Energian sähköverkko-yksikkö vastaa sähkönjakelusta Rauman kaupungin alueella. Yksikkö vastaa verkon valvonnasta, suunnittelusta, kunnossapidosta ja rakennuttamisesta. Verkon rakentamispalvelut ostetaan pääosin osakkuusyhtiö Vertekiltä./10/

2 SUUNNITTELUUN KÄYTETTÄVÄT TYÖKALUT

2.1 Suunnittelun tavoitteet

Suunnittelun tavoitteena on jalostaa tavoiteverkko ajan tasalle ja muokata se helposti muunneltavaksi. Sähköverkon tulisi olla jatkossa helposti muokattavissa ihan vain verkon joukkopäivityksellä. Tulevaisuudessa tulisi olla verkko, joka noudattaisi sille asetettavia vaatimuksia mahdollisimman pitkän ajanjakson.

Suurimpia haasteita on nykyisen sähköverkon nykytilan selvitys niin tarkasti kuin se lopullisten tavoitteiden kannalta on tarkoituksenmukaista. Opinnäytetyössä määritellään erikseen työkalut, joilla työtä tullaan tekemään. Nykytilanteen selvityksessä käytetään apuna verkkotietojärjestelmään tallennettuja tietoja. Näiden tietojen avulla saadaan kokonaiskuva verkon sähköteknisestä tilasta. Tietoja voidaan myös hakea arkistojen dokumentaatiosta tai paikan päältä.

2.2 Tekla NIS

Rauman Energialla on käytössä verkkotietojärjestelmänä Tekla NIS. Ohjelma muodostuu päättötyössä tärkeimmäksi verkon analysointiin käytettäväksi työkaluksi. Verkkotietojärjestelmän eri sovellusten kanssa pystyy hallitsemaan koko sähköverkon elinkaarta: suunnittelua, rakentamista, käyttöä ja kunnossapitoa. Lisäksi järjestelmään on mahdollista ottaa käyttöön esim. analysointiin ja käyttöön liittyviä sovelluksia. Ohjelmisto koostuu tietokannasta ja valmiista tietomallista sekä erilaisista muuteltavissa olevista sovelluksista ja toiminnallisuuksista. Kaikki sähköverkon tiedot ovat koottuna samaan tietokantaan. Tietomalli sisältää verkon komponenttien ominaistiedot sekä niiden sijaintitiedon maastossa./2/

Seuraavassa luvussa esitellään tarkemmin verkon analysointiin käytettävien sovellusten eri ominaisuuksia ja toimintoja. Erilaisilla hakutoiminnoilla ja verkon kuntoon liittyvillä kyselyillä saadaan selville kaikki verkon eri kohteilta tarkasteltavaksi haluttavat tiedot.

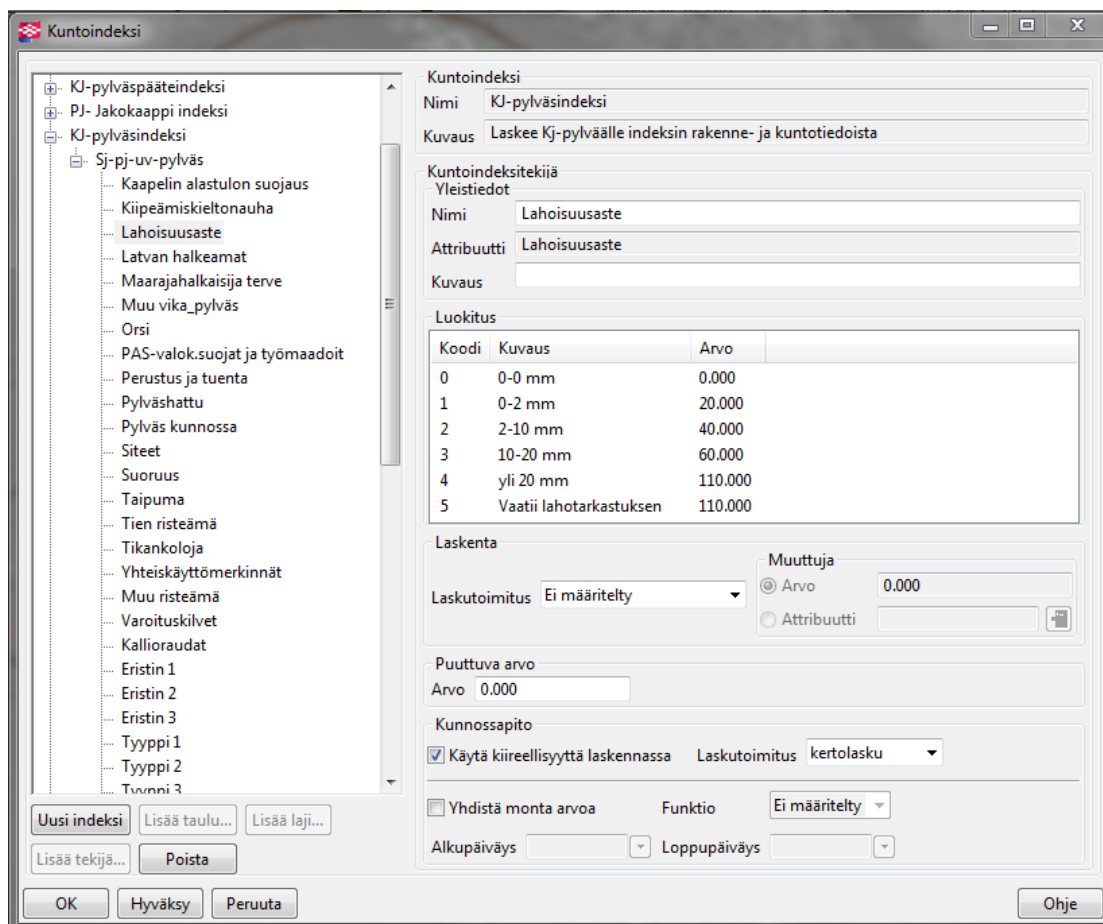
2.3 Verkon analysointiin käytettävät työkalut

Verkon analysoinnissa hyödynnetään Tekla NIS ohjelmaa ja siihen sisältyviä sovelluksia. Käytettäviä sovelluksia ovat teema- ja tilastoanalyysisovellus, finder kyselytoiminto sekä jonkin verran käytetään kuntoindeksi nimistä työkalua. Kuntoindeksi on työkalu, jolla saadaan määriteltyä komponenteille jonkinlainen kuntoarvo. Teema- ja tilastoanalyysi sovelluksella sekä finder kyselyjen avulla voimme tarkastella saatuja tuloksia laskentojen ja graafisten kuvien avulla. Seuraavissa kappaleissa on tarkemmin määritelty näitä analysoinnin keinoja ja tapoja.

2.3.1 Kuntoindeksi

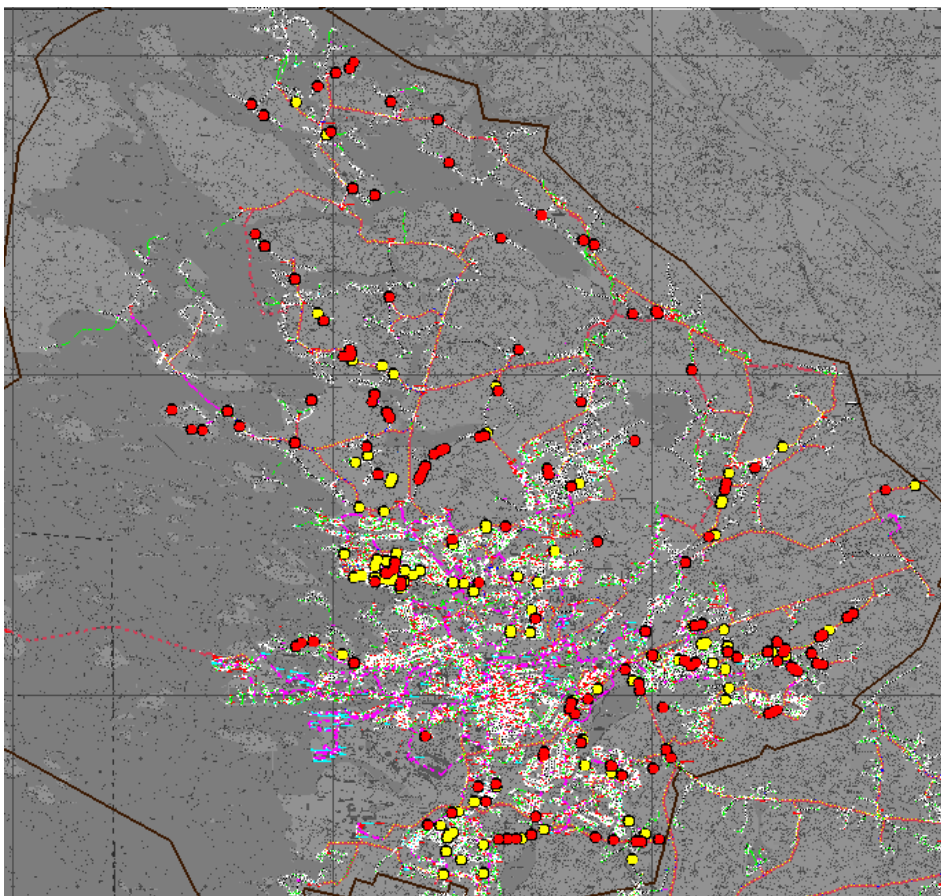
Kuntoindeksin avulla voidaan asettaa verkossa olevat komponentit tärkeysjärjestykseen. Kuntoindeksi on suhteellisen yksinkertainen pistejärjestelmä. Sovellus summaa kyseessä olevaan indeksiin määriteltyjen tekijöiden arvot yhteen. Siihen voidaan määritellä erilaisia kuntotyyppisiä ja kohteiden ominaistietoja. Lisäksi on mahdollista huomioida indeksin laskennassa kuntotietoon liitetty kiireellisyysluokka. Kuntotiedolle määriteltyä arvoa voidaan kiireellisyyden mukaan muuttaa joko yhteen-, vähennys-, kerto- tai jakolaskulla. Kuntotyyppitiedot voidaan määritellä vapaasti ja ne lisätään yleensä kohteelle tai kohteille kuntotiedoksi. Yksittäisille kohteille voidaan määritellä useampia kuntoindeksejä eri käyttötarkoituksia varten. Kuntoindeksi voidaan laskea kun valitaan ensin tarkasteltavat kohteet tai alue kartalta. Kuntoindeksin tulokset täytyy tallettaa ensin tietokantaan, jotta niitä pystyy tarkastelemaan. Tallentamisen jälkeen tuloksia voidaan tarkastella TSA tai finder kyselyiden avulla. /3/

Valmiiksi määritelty kuntoindeksi pylväille näyttää kuvan 1 kaltaiselta. Indeksissä pylväälle on asetettu erilaisia kuntotietoja ja niille on määritelty, miten ne otetaan huomioon indeksin laskennassa. Kuvassa on esitetty pylvään lahoisuusaste. Lahoisuusaste ilmoitetaan tässä kuvauksessa millimetreinä ja sen perusteella indeksi antaa tietyn arvon pylväälle. Mitä suurempi arvo on, sen heikomman indeksin arvon pylväs saa. Lahoisuusluokat määritellään pylvään saamien arvojen perusteella, jolloin 210–299 pistettä saanut pylväs on huollettava harkinnan mukaan ja 300 tai enemmän pisteitä saanut pylväs vaatii mahdollisimman nopeita korjaustoimenpiteitä.



Kuva 1. Valmiiksi muodostettu kuntoindeksi

Kartalta valitaan alue, mitä halutaan tarkastella ja lasketaan sille kuntoindeksi. Saadut tulokset voidaan tallentaa tietokantaan. Tallennuksen jälkeen voidaan finderin kanssa muodostaa kysely, jolla lasketut indeksin arvot saadaan kartalle näkyviin kuten kuvassa 2. Keltaisella värillä olevat pylväät, joita on Rauman Energian alueella 102 kpl, ovat huollettavia harkinnan mukaan eli ei kovinkaan kiireellisiä ja punaiset pylväät, mitä on 142 kpl, ovat korjattavia eli vaativat pikaisia toimenpiteitä. Rauman Energian alueella tilanne on siis melko hyvä, koska pylväitä on kaiken kaikkiaan Finder hakutuloksen mukaan noin 7000 kpl, mistä korjattavia on yhteensä vain 244 kpl. Laskennassa on otettu huomioon kaikki KJ- ja PJ-pylväät. Kuitenkin haastetta korjattaville pylväille tuo se, että pylväät ovat verkon alueella melko hajanaisesti ja selkeitä korjattavia pylväslinjaosuuksia ei ole kovinkaan monessa kohtaa.



Kuva 2. Rauman Energian jakeluverkon pylväiden kuntoindeksit

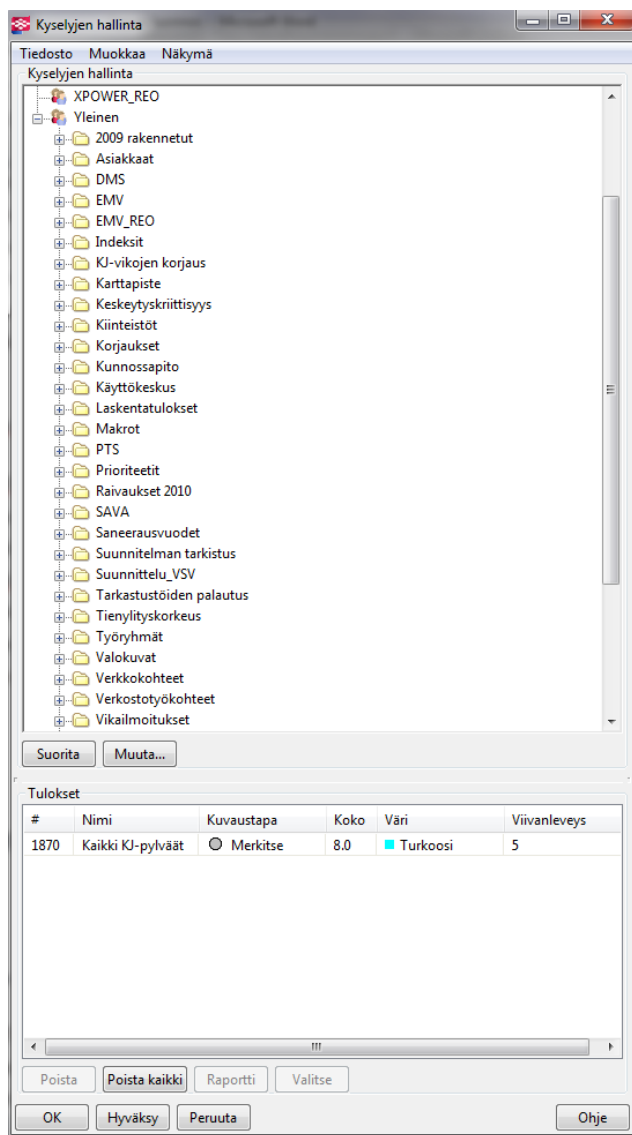
Verkon analysoinnissa on helppoa muodostaa todellinen kuva verkon rakenteesta ja sen tämän hetkisestä kunnosta kuntoindeksin avulla. Näiden tietojen perusteella on helppoa suunnitella verkon huoltotoimenpiteitä ja investointien tarvetta. Kunnossapito voidaan helpommin kohdistaa alueille, joilla siitä saatava hyöty on suurimmillaan. Huoltotoimilla ja etenkin investoinneilla on vaikutusta sähköjakelun keskeytyksiin ja tätä myöden asiakkaiden sähkön laatuun ja toimitusvarmuuteen.

2.3.2 Finder-kyselyt

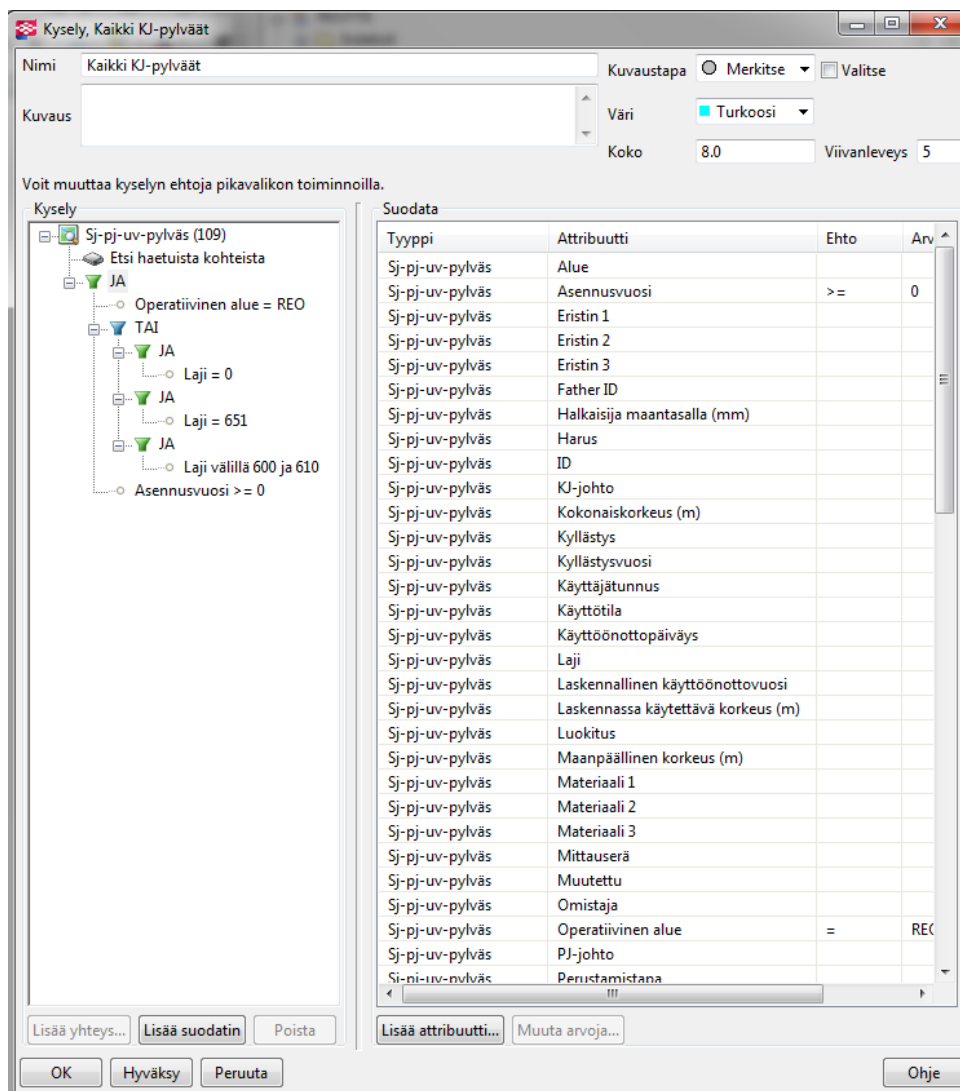
Tekla NIS finder -sovellus on tarkoitettu verkon kevyeen tarkasteluun ja kohteiden etsintään. Sovelluksella saa haettua nopeasti ja helposti esimerkiksi verkon ikätietoja tai kuten edellisessä kappaleessa pylväiden kuntoindeksiä. Kuvan 2 tulokset on saatu finder -kyselyn avulla, kun pylväiden kuntotiedot on ensin määritelty kuntoindeksin avulla. Finder -kyselyllä saadaan karttaan merkintöjä, jossa kohteet on korostettu eri värein riippuen niiden saamista indeksin arvoista. Finderilla saadaan esiin lisäksi

esimerkiksi muuntajien vuosienenergiat(liite1), verkon jännitteen alenemat ja pitkän tähtäimen suunnitelman mukaiset saneerausvuodet.

Kuvassa 3 näkyy kyselyiden hallintaikkuna, josta listana eri kategorioita valmiista hakuryhmistä, jotka sisältävät erilaisia kyselyitä. Kuitenkaan kuvassa ei näy kaikkia valmiita hakuja, koska jokaisella käyttäjällä on lisäksi myös omia hakuryhmiä sekä kyselyitä ja tässä listassa on kaikki yleiset, kaikille näkyvät kyselyt. Kuvassa 3, kyselyjen hallinnassa näkyy tuloksissa kaikki KJ-pylväät Rauman alueella, joita haun mukaan on 1870 kpl. Pylväät kuvataan kartassa turkoosilla värillä ja ympyrämerkillä. Kuvassa 4 näkyy kyselyjen tekoikkuna, jossa määritellään kaikki tiedot, jota haulta vaaditaan ja halutaan saada esiin.



Kuva 3. Finder -kyselyjen hallinta



Kuva 4. Kyselyjen laadinta

2.3.3 Teema- ja tilastoanalyysi

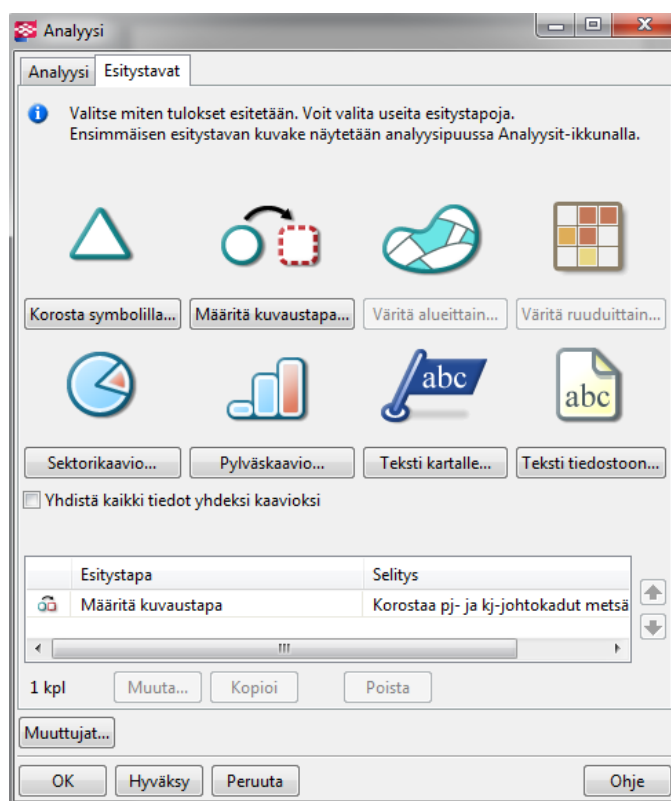
Tekla NIS Teema- ja Tilastoanalyysi – sovellus on Finder -sovelluksen kaltainen, jolla saa kuitenkin tarkemmin analysoitua verkon tilaa. TSA-analyysi käyttää hyväkseen SQL-kyselyitä, joita saa itse laadittua ja joilla voi tehdä erilaisia hakuja tietokannoista.

Tämän sovelluksen avulla saadaan kuvattua verkkoa graafisesti, sekä saadaan aikaan monia erilaisia analyysejä eri käyttötarkoituksiin. Analyysien avulla saadaan tiedot verkon iästä ja kunnon kartoittamiseen, asiakaskyselyihin, vikojen tarkasteluun, keskeytyskriittisten kuluttajien analysointiin ja kunnossapidon analysointiin. Sovelluk-

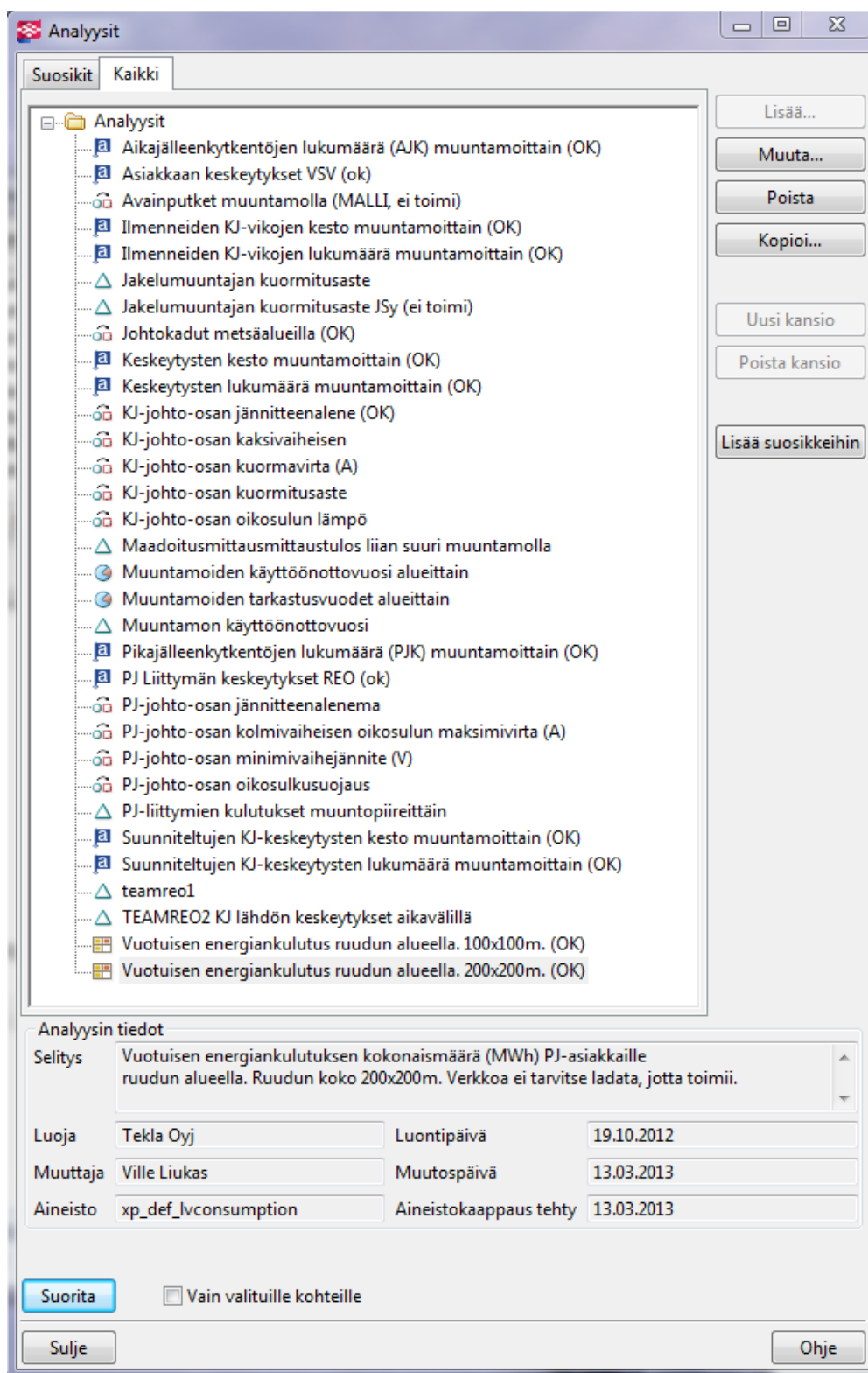
sen avulla saadaan näkyviin helposti esimerkiksi missä sähköverkon alueella ovat suuret vuotuiset energiankulutukset ja missä on suurimmat riskialueet verkon kannalta.

Teema- ja tilastoanalyysi sovellus tuli Rauman Energian käyttöön vuoden 2012 lopulla ja nyt vähitellen sitä on alettu käyttämään ja testaamaan enemmän. Käyttäjien tulee pohtia millaisia kyselyitä ohjelman kanssa halutaan tehdä ja mitkä tiedot verkon suhteen todella kiinnostavat. Tulee ottaa huomioon se, ettei TSA:lla kannata ryhtyä tekemään kaikkein yksinkertaisimpia kyselyitä, jotka ovat valmiina finder -sovelluksessa tai jotka siellä on helpompi laatia. Teema- ja tilastoanalyysillä tehdään siis pääosin vain graafisia esityksiä ja tutkimuksia verkon kohteista.

Tällä hetkellä on käytössä kuvan 5 mukaiset kyselyt. Kyselyille on mahdollista saada eri esitysmuotoja, joilla ne näytetään karttapohjalla. Riippuen siitä, halutaanko verkosta korostaa esimerkiksi muuntamoiden tietoa vai johtokatuja tietoa, saadaan ne esitettyä eri tavoilla. Kuvassa 4 näkyy kaikki sovelluksen eri esitystavat, joilla verkon kohteita saadaan näytettyä karttapohjalla.



Kuva 4. Analyysien esitystavat



Kuva 5. Valmiit analysit

3 VERKON NYKYTILANNE

3.1 Rauman Energian sähköverkko

Vuonna 2012 Rauman Energian omistuksessa on sähkönjakeluverkkoa yhteensä noin 970km. Siirtoasiakkaita Rauman Energian verkossa on hieman yli 20 000 kpl. Rauman Energian verkossa asiakkaiden keskeytysten määrä on hyvin alhainen verrattuna maan keskiarvoon. Vuonna 2011 asiakkaan keskimääräinen keskeytysaika oli Raumalla vain 1,5 h/a, maan keskiarvon ollessa yli 7,5 h/a. Määrää nostattivat edellisvuodesta loppuvuoden poikkeuksellisen kovat myrskyt, mutta pitkiltä sähkökatkoilta säästyttiin mm. runsaan maakaapeloinnin ansiosta. Rauman Energian siirretty energianmäärä oli vuonna 2011 301,1 GWh ja huipputeho oli vuonna 2011 66 MW. /10/

Rauma on melko haastavaa aluetta kaapelointia ajatellen, koska alueeseen kuuluu kohtalaisen paljon saaristoa ja Raumalla on kauttaaltaan hyvin kallioinen maaperä. Siitä huolimatta Rauman Energialla on päästy hyviin kaapelointiasteisiin. Rauman Energian kaapelointiasteen kehitys näkyy kuviossa 1. Kaapelointiastetta pyritään nostamaan koko ajan, vaikka yhteensä pien- ja keskijänniteverkon kaapelointiaste on nyt jo yli 60 %. Rauman energian strategiassa tavoitteena on saada KJ - kaapelointiasteeksi 70 % vuoteen 2016 mennessä. Vuonna 2008 Rauman Energialla päätettiin, ettei uutta ilmajohtoverkkoa rakenneta kuin poikkeustapauksissa. /10/

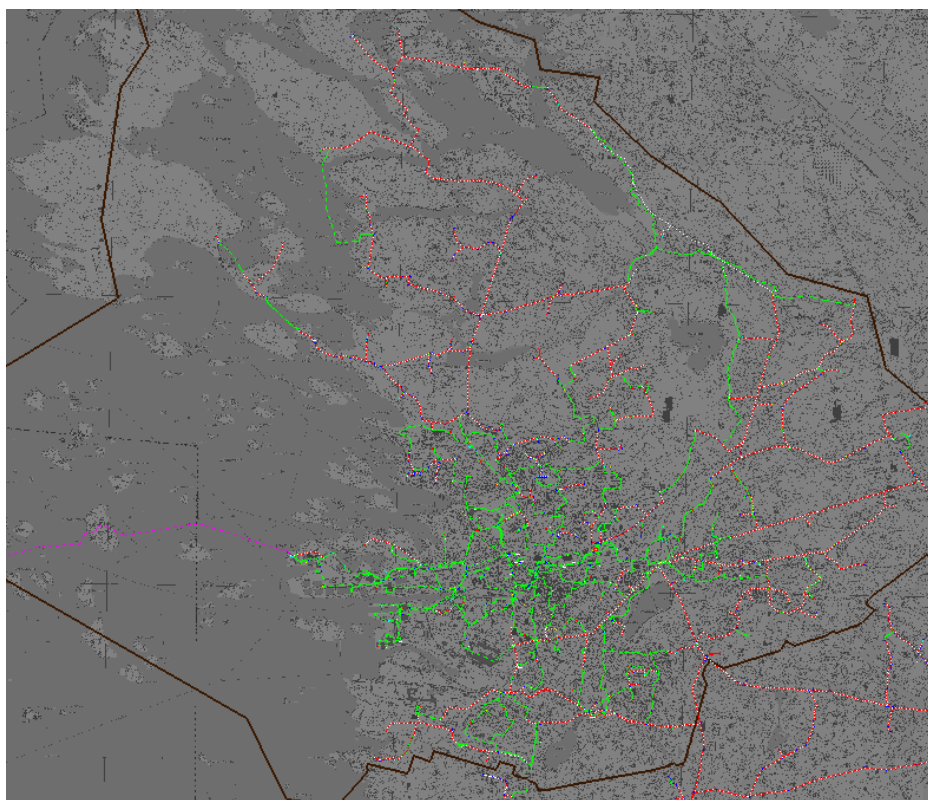


Kuvio 1. Kaapelointiasteen kehitys

3.2 Sähköverkon tila

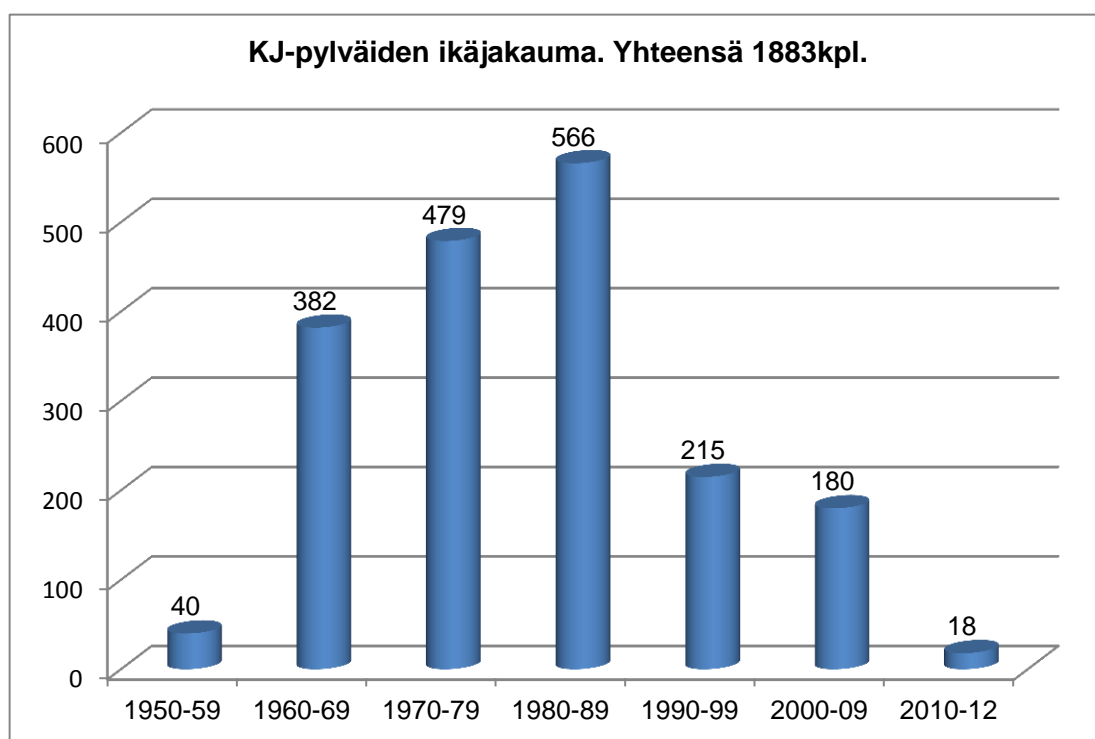
Rauman Energian jakeluverkon pituus on yhteensä noin 966 km, josta 20 kV keskijännitejohtoa on 260 km ja 0,4 kV pienjännitejohtoa 690 km. Rauman Energialla on tällä hetkellä kolme 110 kV sähköasemaa ja 343 kpl muuntamoita. Rauman Energian keskijänniteverkosta hieman yli puolet on jo maakaapeloitu ja kaapeloimatonta verkkoa on lähinnä enää vain haja-asutusalueella. Maakaapeliverkkoa on yhteensä 151,9 km ja avojohtoa sekä PAS-johtoa 115,4 km. Pääosin ilmajohtoverkko on rakennettu 1960–1990 luvuilla, jolloin alueen sähköistyksessä oli selvää kasvua. Keskijänniteverkon ikäjakauma on esitetty kuviossa 2.

Rauman Energian verkosta yli puolet on jo maakaapeloitua. Kaapelointiaste on maakaapeliverkon yhteispituuden osuus verkon kokonaispituudesta, jolloin esimerkiksi keskijännitteen kaapelointiaste on 58,5 %. Yhteensä kaapelointiaste KJ- ja PJ -puolella on jo yli 60 % ja arvo nousee vuosittain. Kuvassa 6 vihreällä Rauman Energian maakaapeloitu KJ -verkko, josta näkyy, että taajama on jo lähes kokonaan kaapeloitua ja osittain myös haja-asutusalue.



Kuva 6. Rauman Energian KJ-verkko

Kuviosta 2 näkee, että keskijännitejohdoista suurin osa on rakennettu 30–50 vuotta sitten, jolloin suurin osa pylväistä on nyt ikääntymässä. Usean pylvään pitoaika on nyt päättymässä seuraavan 10 vuoden aikana, jolloin uudelleenrakennustarve on ajankohtaista. Saneeraus- tai uudisrakennustarve ei ole jakautunut kuitenkaan tasaisesti, vaan siinä on jonkun verran ajallista vaihtelua. Rauman Energialla uutta ilma-linjaa ei rakenneta kuin poikkeustapauksissa, niin vuosien 2010–2012 pylvääit ovat olleet lähinnä yksittäisten pylväiden uusimisia tai uudisrakennusalueilla väliaikaisia pylväitä, jotka kuitenkin poistetaan alueen valmistuttua.



Kuvio 2. REO:n keskijännitepylvääiden ikäjakauma

4 SÄHKÖVERKON SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN

4.1 Sähköverkon tulevaisuuden visio

Verkkoyhtiöiden ja Energiategollisuuden sähköjakelun tavoitteiden perustana on ollut sähköverkkotoiminnan tulevaisuuden visio 2030. Visio linjaa miten sähköverkkoja on uudistettava, jotta ne täyttävät yhteiskunnan tulevaisuuden tarpeet. Perusuudis-

tukset on toteutettava tavalla, joka takaa jakelun varmuuden kaikissa tilanteissa. Tulevaisuuden verkko tehdään tulevaisuuden ratkaisuin. Rauman Energian tavoitteena on laskea asiakkaiden keskimääräinen keskeytysaika tunnista puoleen tuntiin ja nostaa kaapelointiasteen yli 85 %:iin vuoteen 2030 mennessä.

Sähköverkkojen elinkaaret ovat vuosikymmenten mittaisia ja investoinnit pääomaa vaativia. Tämän vuoksi uudistamisnopeus on rajallinen, ja aikatauluksi on asetettu seuraavat parikymmentä vuotta. Energiateollisuuden sähkönjakelun varmuuden tavoitetasot muodostavat perustan sähköverkon suunnittelulle. Nykyverkon ilmajohtojen korvaaminen maakaapelilla on tehokkain keino suojautua myrskyjä vastaan. Se ei ole kuitenkaan ainoa, eikä sovi joka paikkaan. Sähkökatkoihin voidaan vaikuttaa monin tavoin. Esimerkiksi vika-alue voidaan rajata nopeammin lisäämällä verkostoautomaatiota, ja korjausaikoja voidaan lyhentää siirtämällä johdot metsistä tienvarsille./6/

Sähköverkon investoinnit edellyttävät paitsi riittävää rahoituspohjaa myös johtojen sijoittamisen helpottamista. Rakentamisen lupaprosesseja pitää nopeuttaa ja erityisesti johtojen ja kaapelien sijoittamista tiealueelle tulee helpottaa. Asiaa on valmisteltu jo pitkään Energiateollisuuden ja tieviranomaisten kesken. /6/

Sähkön laatuun voidaan vaikuttaa esimerkiksi parantamalla verkon käyttövarmuutta eli vähentämällä keskeytysten aikoja ja määriä. Tähän voimme pyrkiä mm. siirtämällä 20 kV johtokadut metsästä tienvarteen, kaapeloimalla keski- ja pienjänniteverkkoa, lisäämällä verkon kaukokäyttöerotinten tai/ja katkaisijoiden määrää sekä hyödyntämällä verkossa 1 kV tekniikkaa. Verkon pienten haarojen toteutus 1 kV tekniikalla olisi myös edullisempi ratkaisu.

4.2 Keskijänniteverkon kehittäminen yleisesti

Keskijänniteverkko on pitoiältään todella pitkäaikainen, jonka vuoksi verkko vaatii tarkkaa suunnittelua. Keskijänniteverkkoa joudutaan kehittämään useista erilaisista syistä ja useilla erilaisilla menetelmillä. Erilaisia toimenpiteitä ovat mm. uuden sähköaseman rakentaminen, olemassa olevan verkon saneeraus, kauko-ohjattavien muuntamoiden rakentaminen, verkkokatkaisijoiden rakentaminen ja varayhteyksien

rakentaminen. Erilaisilla kehittämistoimenpiteillä pyritään minimoimaan verkon ja asiakkaiden kokemat keskeytykset.

Suurin osa Rauman Energian ilmajohtoverkosta on asennettu vuosina 1960–1990. Tämän vuoksi on jo aikaisessa vaiheessa otettava huomioon esimerkiksi eri alueiden maakaapeloinnit ja verkon uusimiset. Mikäli uusimisen tarvetta ei huomioida investointisuunnitelmissa, painottuvat projektit ja kustannukset tulevaisuudessa liian tiheästi muutamaan vuoden sisään. Tämän vuoksi suunnitelmia on tehtävä useamman vuoden päähän.

Osa Rauman Energian haja-asutusalueiden johtokaduista ja sähkölinjoista sijaitsee metsän sisällä. Tällä ratkaisulla verkon rakentamisessa on vuosina 1960–1990 ollut tavoitteena pyrkiä minimoimaan materiaalikustannukset. Tuolloin pyrittiin rakentamaan verkkoa suoralinjaisesti mahdollisimman lyhyitä reittejä metsien halki johtopi-tuuden minimoimiseksi. Sähkönjakelun luotettavuus ei ollut tuolloin suurimpia huolenaiheita. Sähkötoimituksen laatu ajateltiin yleensä riippuvaiseksi ainoastaan jännitetasosta, kyse ei ollut keskeytyksistä tai häiriöiden määrästä, vaan pienistä jännitteenalenemistä ja riittävästä jännitejäykkyyydestä. /7/

4.3 Teema- ja tilastoanalyysi TSA -sovelluksen hyödyntäminen

Nyt kun Rauman Energialla on käytettävissä uusi sovellus Tekla NIS teema- ja tilastoanalyysi, niin järjestelmästä on mahdollista saada esiin paljon hyödyllistä tietoa. Luotettavuuteen liittyvien analyysien ja laskentojen avulla voidaan arvioida verkon kuntoa ja verkossa tapahtuvien katkojen ja muiden vikojen mahdollisuutta, sekä niiden aiheuttamia kustannuksia. Analyysejä voidaan tehdä jo olemassa olevalle tai suunnitteluvaiheessa olevalle verkolle. Suunnitteluvaiheessa saadaan selville muutoksen tuomat vaikutukset. Erilaisten suunnitelmien ja laskelmien vaikutuksia voi verrata kustannusten ja luotettavuuden määrittelyssä.

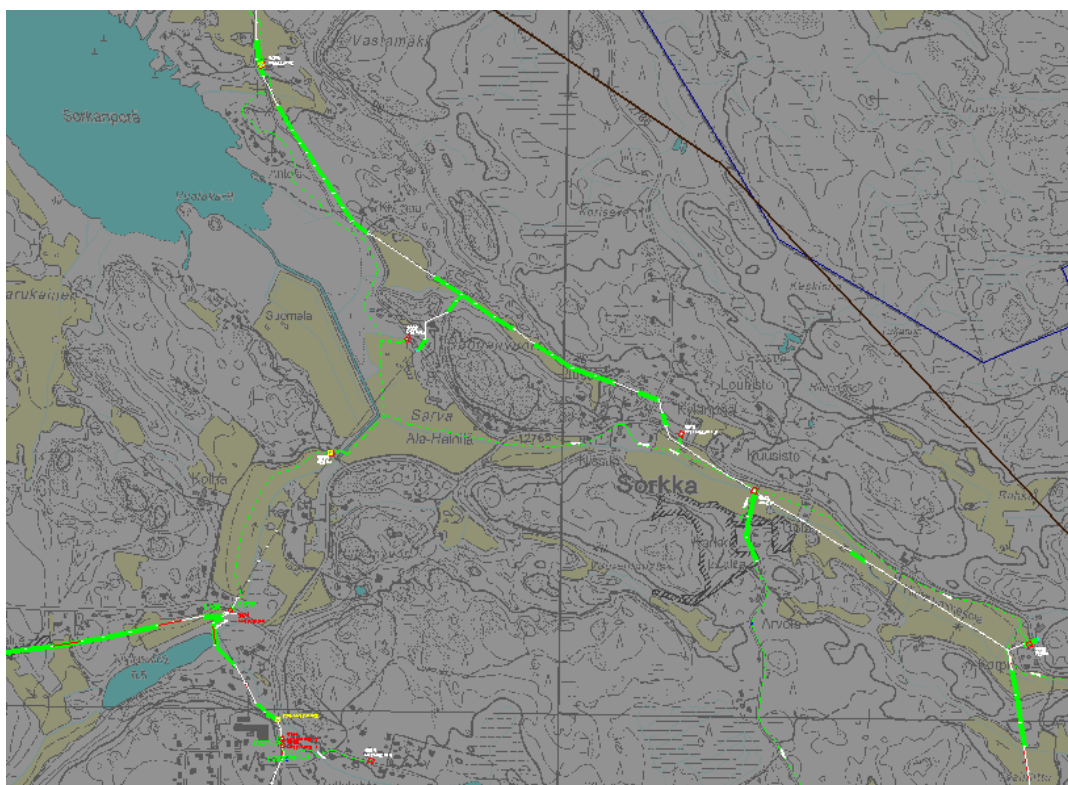
Tarkoituksena on saada helposti graafisesti esiin asioita, jotka verkossa todella kiinnostavat. Tarkoituksena on saada tieto koko verkon alueelle selkeästi esimerkiksi kuten kuvassa 9 erivärisillä ruuduilla, joiden kokoa saadaan muunneltua. Esitystavan

tulee olla yksinkertainen ja huomioitavien kohteiden niin selkeästi erottuvia, että kohdat tulevat selvästi esiin karttapohjasta.

4.3.1 Sovelluksen tehokas hyödyntäminen suunnittelussa

TSA toimii tulevaisuudessa hankesuunnittelussa apuvälineenä. TSA:ta voidaan hyödyntää tavoiteverkkosuunnittelussa muun muassa vikatietojen tarkasteluun, keskeytyskriittisten kuluttajien analysoinnissa, johtojen sijoittumiseen kuormituksen suhteen ja alueellisten rakennetietojen selvittämiseen. Analyysien avulla voidaan myös päätellä uusittavien linjojen parhaat sijainnit.

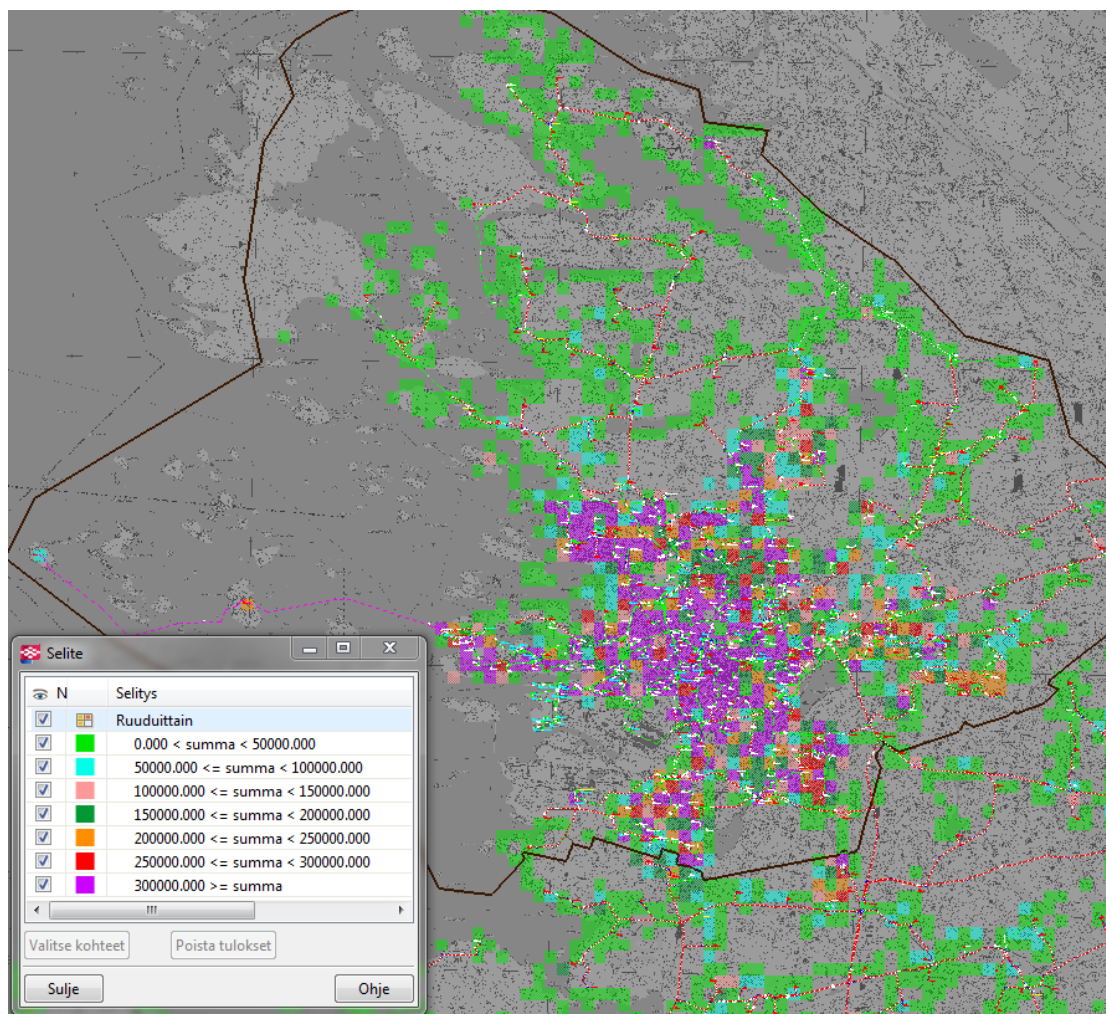
Kuvassa 8 on esimerkiksi korostettuna KJ -johtokadut, jotka ovat metsäalueilla. Viivat, jotka ovat selvästi leveämpiä esittävät näitä metsäalueilla olevia ilmajohtoja, joihin korostuksella halutaan tuoda esiin. Korostamattomat kohteet kartassa ovat linjoja, jotka eivät sijaitse metsässä eli vihreä katkoviiva on maakaapeloitua linjaa, joka on kyseisessä kuvassa peltoalueella ja valkoinen on ilmalinjaa, jota ei myöskään ole korostettu, koska linja sijaitsee pellolla.



Kuva 8. KJ - johtokadut metsäalueilla

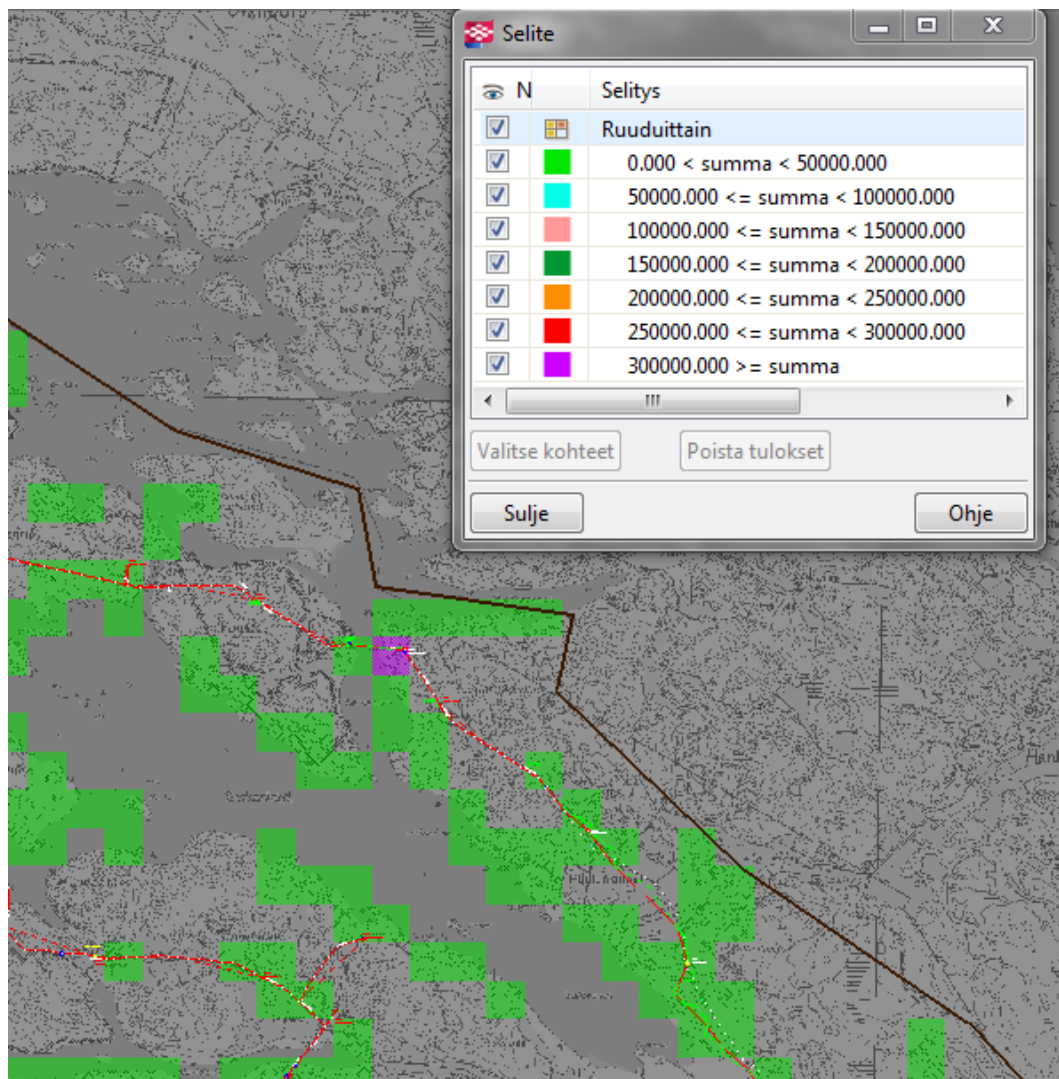
Tämän analyysin avulla löytää helposti verkon heikoimmat ja riskialteimmat kohdat, koska juuri metsäalueilla olevat keskijännitejohdot ovat tätä riskiryhmää. Tämän analyysin avulla löytää nopeasti kohteet, joissa verkkoa on paljon vielä metsäalueilla ja joita mahdollisesti tullaan uusimaan lähivuosina. Analyysillä olisi mahdollista saada esille myös PJ -johtokadut samaan tapaan. (Liite 2)

Kuvassa 9 on esitetty vuotuisen energiankulutuksen kokonaismäärä kilowattitunteina pienjänniteasiakkaille. Kysely ja tulokset on toteutettu mahdollisimman selkeällä tavalla 200 x 200 m kokoisilla ruuduilla. Lisäksi analyysi antaa selitteet kuvassa oleville erivärisille ruuduille, joissa näkyy energiankulutukset kilowattitunteina. Tämän kyseisen analyysin avulla nähdään yksiselitteisesti kohteet, joissa esimerkiksi kulutus on ollut poikkeuksellisen suurta. Kartalla näkyikin yksittäisiä violetin värisiä kohteita.



Kuva 9. Vuotuinen energiankulutuksen kokonaismäärä (kWh) PJ-asiakkaille ruudun alueella

Kuvassa 10 näkyy eräs kohta Rauman verkosta, jossa on poikkeuksellisen suuri kulutus lähiympäristöön nähden. Kohteessa on kuitenkin ympärivuotuisessa käytössä kokous- juhla ja leirikeskus, jolloin kulutus on ymmärrettävää. Analyysiä pystyy muokkaamaan niin, että suurentaa tai pienentää ruudun kokoa tai muokkaa vaikkoruutujen energiamäärien vaihtelua, riippuen siitä mitä halutaan etsiä.



Kuva 10. Suuri energiankulutus ruudun alueella

4.4 Vanhan 20 kV verkon saneeraus ja uusiminen

Tänä päivänä sähkönjakelun luotettavuus on noussut verkostosuunnittelun tärkeäksi reunaehdoksi. Uudet linjat pyritään kaapeloimaan tai rakentamaan mahdollisuuksien

mukaan teiden varsiin käyttövarmuuden parantamiseksi ja helpottamaan huoltotoimintaa. Kuvassa 11 on tyypillinen 60-luvun tilanne 20 kV verkosta. Avojohtoverkko kulkee vaikeakulkuisessa maastossa metsässä, vaikka sama linja olisi voinut kulkea suojaisampaa reittiä maantien varressa. /7/



Kuva 11. Tyypillinen 20kV keskijännitelinja haja-asutusalueella. Johtoreitti kulkee metsässä, vaikka maantien varressa olisi suojaisampi reitti.

Asutus ja tätä myöden kuormat sijoittuvat kuitenkin pääosin teiden lähelle, jonka vuoksi metsässä olevilta linjoilta on jouduttu rakentamaan teiden laitoihin haarajohdot. Nykypäivänä kuormien sijoittelu tienlaitoihin on vain lisääntynyt ja maankäytösopimusten saaminen uusille linjoille on vaikeampaa. Maanomistajat eivät halua sähkölinjoja mailleen eivätkä puita kaadettavaksi metsistään. Ajatuksena sähkönjakelu on itsestäänselvyys, joka ei aiheuta muutoksia ympäristöön. Verkon uusimisen myötä tulee pohtia, kannattaako verkko kaapeloida teiden varsiin ja olisiko viisainta tehdä pienet haarat esimerkiksi 1 kV tekniikkaa hyödyntäen. /7/

4.5 1 kV sähkönjakelu

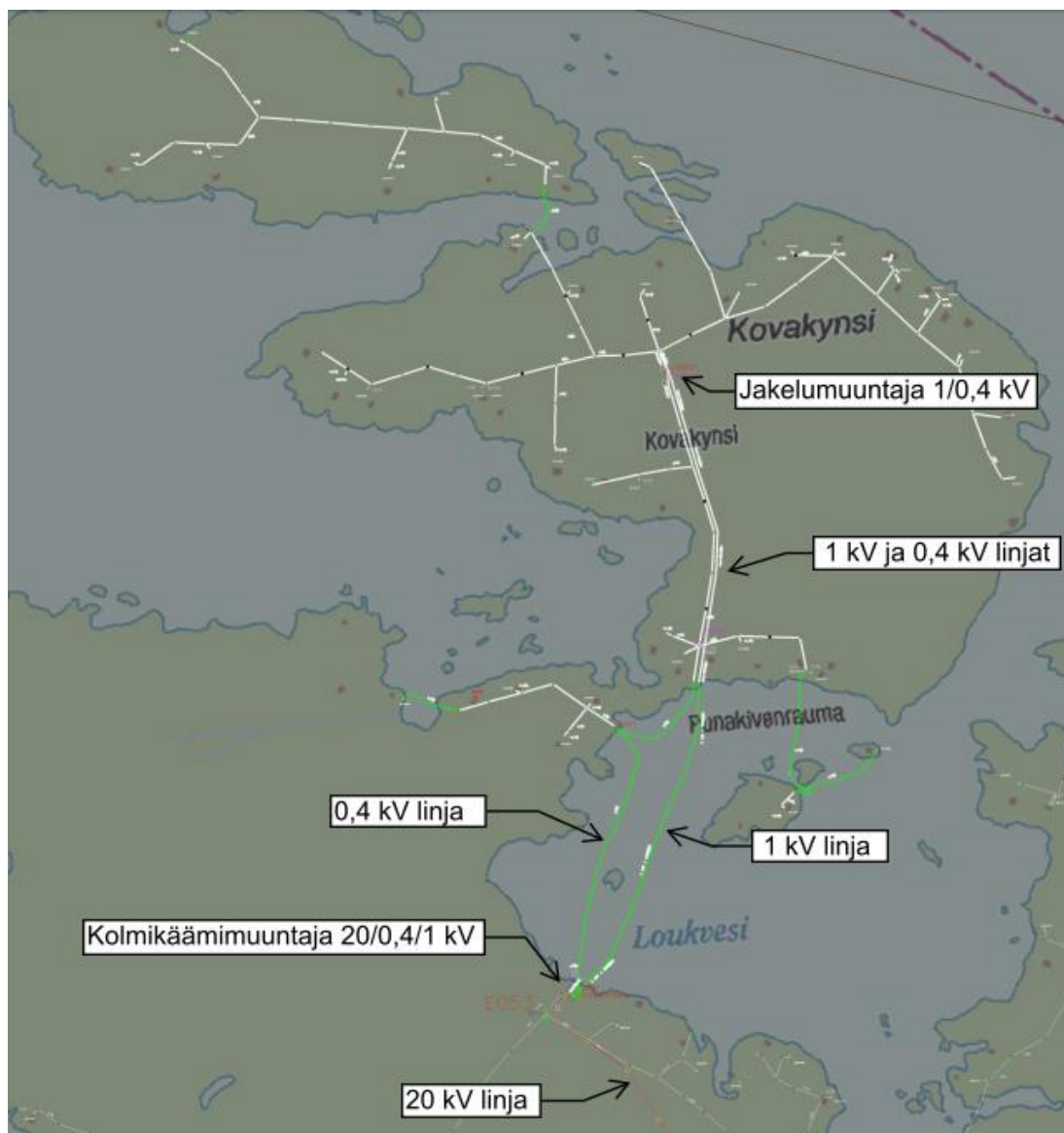
Suomessa on otettu käyttöön 1kV pienjännitejakelun jänniteporras 20kV keskijännite- ja 0.4 kV pienjänniteverkon väliin ja siitä on tullut merkittävä vaihtoehto jakeluverkon käyttövarmuuden ja taloudellisuuden parantamiseksi. Järjestelmä on osoittautunut taloudelliseksi ja toiminut odotetulla tavalla. 1kV sähkönjakelua käytetään pääasiassa lyhyissä metsiin sijoittuvissa haarajohdoissa, joissa siirrettävät tehot ovat pie-

niä, vapaa-ajan asuntojen ja saaristojen sähköistyksessä, haarajohtojen aurasukohteissa ja suojelualueilla pienentämään ympäristömuutoksia. /5/

1 kV pienjänniteverkko asettuu 20 kV keskijännitteen ja 0,4 kV pienjännitteen väliin muodostaen kolmannen jänniteportaan, 1 kV linjat rakennetaan samaan tapaan kolmivaiheisiksi. 1 kV tekniikkaa lisäämällä maa- tai ilmakaapelointina tarkoittaa 20 kV avojohtojen ja etenkin lyhyiden haarajohtojen määrän ja tyyppillisten verkon avojohtojen vikojen vähenemistä, koska 1 kV järjestelmän johdot eivät ole yhtä vikaherkkiä kuin 20 kV järjestelmän avojohdot. /5/

4.5.1 1 kV rooli Rauman Energian verkossa

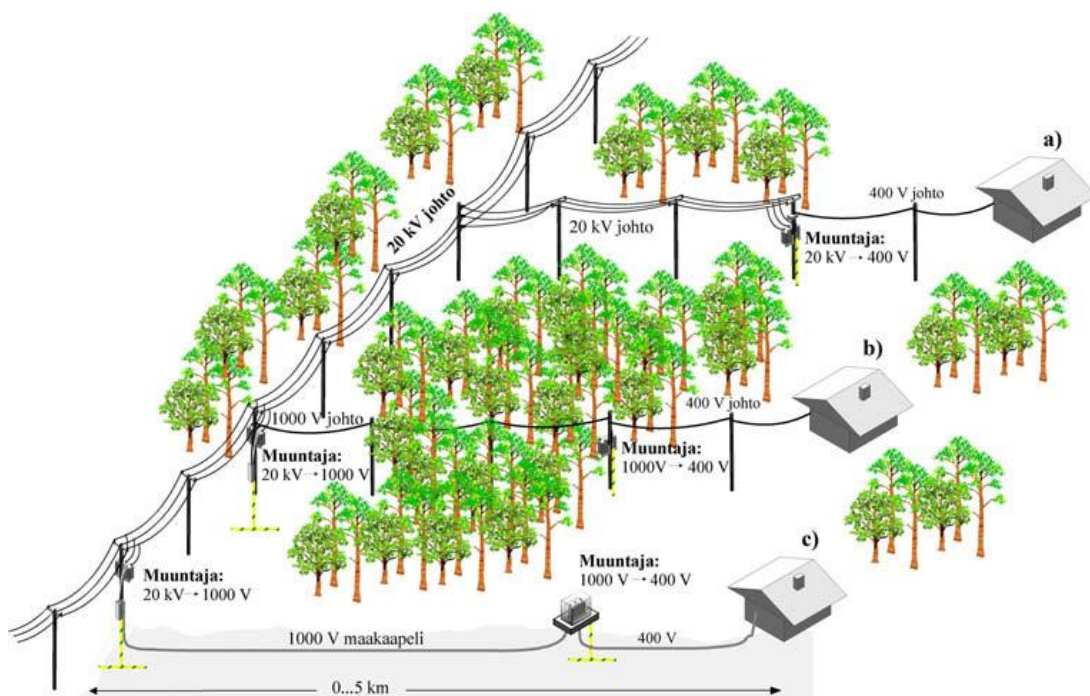
Rauman Energialla on tällä hetkellä yhdessä paikassa käytössä 1kV linja, joka rakennettiin vuonna 2009. Rauman Energian 1 kV jakeluverkko näkyy kuvassa 12. Linja sijaitsee merellisessä ympäristössä saaristossa, jossa 1 kV linjan rakentaminen koettiin hyödylliseksi. Alueella oli ennen pelkästään 0,4 kV verkkoa ja kun jännitteet ja oikosulkuvirrat havaittiin huonoiksi, oli verkolle tehtävä jotain. 20 kV keskijännitejakelun ollessa melko kallis ratkaisu, päätettiin rakentaa ensimmäinen 1 kV linja ja tähän taloudellisin ratkaisu syntyi käyttämällä kolmikäämimuuntajaa. Tulevaa verkkoa varten rakennettiin kaksi uutta muuntamoaa, jotka ovat 1 kV/0,4 kV pylväsmuuntamo sekä 20 kV/1 kV/0,4 kV kolmikääminen puistomuuntamo. Lisäksi asennettiin uusi linja 1 kV johtoa varten. Alkumatkasta kaapeli asennettiin mereen ja mantereella johto saatiin asennettua olemassa oleviin pylväisiin 0,4 kV johtojen kanssa.



Kuva 12. Rauman Energian 1 kV jakeluverkko saaristossa

Jotta saavutettaisiin mahdollisimman hyvä käyttövarmuus, se saattaa edellyttää haja-asutusalueella keskijänniteverkon maakaapelointia. Rauman Energialla sähköverkon tulevissa saneerauskohteissa 1 kV järjestelmää kannattaa pitää yhtenä hyvänä ratkaisuvaihtoehtona perinteiselle järjestelmälle. 1kV pienjännitemaakaapeleita voisi käyttää keskijännitemaakaapeleiden sijaan, jolloin keskijännitelähtöjen pienet tehot eivät vaikuta taloudellisuuteen. Kuitenkin lähdössä voi olla isot tehot, mikäli johdon alkupäässä on suuria kuluttajia. 1kV maakaapelin investointikustannukset ovat yli 50 % pienemmät kuin keskijännitemaakaapeloinnin. /7/

Pientämällä yhtenäisiä syöttöalueita ja samalla vian vaikutusalueita, voidaan parantaa sähkötoimituksen varmuutta. 1 kV tekniikkaa lisäämällä saadaan pienitehoiset ja vika-alttiit keskijännitejohtohaarat muutettua 1 kV pienjännitteellä toimiviksi, kuten kuvassa 13 esitetään. Jokainen 1 kV tekniikkaa hyödyntävä johtohaara muodostaa oman vyöhykealueen, jonka ansiosta vikaantuessaan se ei vaikuta muiden saman keskijännitesyöttöalueen asiakkaisiin. Tämän johdosta vikojen määrä ja vaikutusalueet pienenevät huomattavasti.



Kuva 13. 20 kV keskijännitehaarojen korvaaminen 1 kV tekniikalla

4.5.1.1 Merkinnät Rauman Energialla

1 kV johtojen, pylväiden ja muuntamoiden merkintä on hyvin tärkeää, koska 0,4 kV verkoissa käytetään samoja johtoja. 1 kV johdot tulee merkitä selvästi, jotta asentajat huomaavat samassa pylväessä olevien AMKA -johtojen olevan eri jännitetasolla ja toisen olevan mahdollisesti maasta erotettu. Rauman Energian verkossa 1kV ilmajohtopylväs on merkitty suositusten mukaisesti 0,4 kV ja 1 kV AMKA -johtojen väliin asennettavalla 100mm leveällä keltaisella pannalla. Lisäksi jokaisen 1 kV pylvään lähellä 1 kV AMKA -johto on merkitty siihen kiinnitettävällä kolmion muotoi-

sella keltaisella kilvellä, missä on mustalla tunnusmerkintä ”1 kV”. Rauman Energian pylväs- ja johtomerkinnot näkyvät kuvassa 14.

1 kV verkon muuntajat, jakokaapit ja muut laitteet merkitään keltamustalla suorakaitteen muotoisella keltaisella kilvellä, jossa on hengenvaarasta varoittava salamamerkintä sekä tunnus ”1 kV”. Muuntajiin ”1 kV” merkintä kiinnitetään muuntajan kantteen siten, että se on nähtävissä selkeästi muuntamon lähestymissuunnasta. Kuvassa 15 näkyy puistomuuntamon merkinnät.



Kuva 14. Rauman Energian verkon 1 kV pylväs- ja johtomerkinnot



Kuva 15. Rauman Energian 1 kV puistomuuntamon merkinnät

4.6 Älykäs sähköverkko vaatii verkostoautomaatiota ja verkon topologiamuutoksia

Tekemällä muutoksia verkon topologiaan pystytään vaikuttamaan keskeytysaikoihin. Varasyöttöyhteyksien rakentaminen auttaa parantamaan luotettavuutta ongelmallisten kohteiden kanssa. Lisäämällä edelleen varasyöttöyhteyksiä ja pyrkimällä rengasmaiseen verkkoon, saadaan toimitusvarmuus kasvamaan. Rengasrakenne on hyödyllinen vikatilanteessa. Järjestelmät suunnitellaan usein kestämään yhden syötön menetyksen. /9/

Tulevaisuudessa tullaan lisäämään oikosulku- ja maasulkupaikantimia ja vikatyypin suunnan näyttäjiä. Verkostoautomaation lisääminen ja kehittäminen parantaa verkon käyttövarmuutta. Suunnittelussa toimitusvarmuuden parantamisen keinoina ovat mm. kauko-ohjattavien erottimien ja katkaisijoiden lisääminen verkon solmukohtiin. Automaatiota hyödyntämällä voidaan selvittää sähköjakeluverkon häiriöitä tehokkaasti ja jakaa vian vaikutus-alueita vyöhykkeisiin. /11/

Jakamalla verkkoa ohjaus- ja suojausvyöhykkeisiin, saadaan vikojen vaikutusalueita pienennettyä kun pienten haarojen solmukohtiin käytetään automaatiota tai 1 kV tekniikkaa. Verkostoautomaation lisäys ja verkon jakaminen alueisiin ei poista vikoja, mutta ne parantavat vikoihin varautumista, helpottaa niiden paikallistamista, auttaa vaikutusten rajaamisessa ja vioista toipumisessa. Samalla vähenee myös vikojen piirissä olevien asiakkaiden määrä. Tekniikan lisääminen on nopea tapa lisätä toimitusvarmuutta alueille, joita ei kaapeloida lähivuosina.

Verkostoautomaation lisääminen vaikuttaa niin pienjänniteverkkoon kuin keskijänniteverkkoonkin. Hälytyksien tullessa automaattisesti käytönvalvontajärjestelmään käyttökeskus pystyy nopeasti reagoimaan verkossa tapahtuviin muutoksiin. /11/

4.7 Haja-asutusalueen haasteet

Haja-asutusalueen jakeluverkon saneerauksien suunnittelussa tulee ottaa huomioon tilanteet, joissa kulutuspisteissä on ennen ollut esimerkiksi maataloustoimintaa ja nykyään tila on vain kesämökkikäytössä. Alueella kulutus on saattanut vähentyä huomattavasti aikaisempaan tilanteeseen nähden. Silloin energiamäärän suhde etäisyyteen muuntamolta on todennäköisesti muuttunut merkittävästi. Suunnittelussa pitää siis ajatella hyvinkin laajoja kokonaisuuksia, ennen ja jälkeen – tilanteita. Samalla kun runkoverkkoa saneerataan ja uusitaan, tulee tarkastella myös pieniä haarajohtoja. Nämä on useassa kohtaan asennettu myöhemmin kuin itse runkoverkko, jolloin haarajohtot voi aluksi jättää uusimatta.

Haja-asutusalueen saneerauksissa tulee pohtia mitkä vaihtoehdot tulevat kaikkein kustannustehokkaimmiksi. Lisäämällä kauko-ohjattavia erottimia tai ilmajohtokatkaisijoita haja-asutusalueelle ja saaristossa oleviin muuntamoihin, saadaan vikojen rajauksissa tehtävät ohjaukset suoritettua nopeasti ja turvallisesti. Rauman Energialla on kahteen paikkaan asennettu ilmajohtokatkaisijat ja yhdessä paikassa katkaisija on asennettu puistomuuntamon sisään. Katkaisijat ovat saaristoalueelle menevissä linjoissa, jolloin mahdolliset keskijänniteviat eivät enää katkaise sähköjä mantereen puolelta. Eräänä mahdollisuutena pidetään myös 1 kV järjestelmää. /10/

4.8 Jakeluverkkojen saneeraus ja uudisrakentaminen vaatii joustavuutta

Sähköverkon rakentaminen ja saneeraus vaatii suunnittelulta tulevaisuudessa yhä enemmän joustavuutta. Jakelutekniikat kehittyvät koko ajan ja esimerkiksi liikenteen sähköistyminen saattaa kasvattaa jakeluverkkojen merkitystä. Nykypäivänä ja tulevaisuudessa jakeluverkossa tulee paljon saneeraus- ja uudisrakennuskohteita. Tärkeimpänä pidetään verkon saneerausta sähköasemien läheisyydessä, koska siellä sattuvat viat vaikuttavat suurimpiin asiakasmääriin.

Suurin osa verkosta on rakennettu 30–50 vuotta sitten, jolloin suunnittelun haasteeksi asettuu saneerausvuosien määrittelyt. Investoinnit pyritään jakamaan usean vuoden aikajaksolle, ettei tulisi liian suuria investointeja yksittäisinä vuosina. Tämä vaatii suunnittelulta laajempaa verkon tarkastelua ja etenkin yhteistyötä muiden rakennuttajien, kuten kaupungin kanssa. Pääosin yritetään määrittää tulevat rakennuskohteet Rauman kaupungin tulevien kaivukohteiden mukaan. Esimerkiksi yleensä Rauman Energia on yleensä mukana yhteiskaivannossa, kun kaupunki tekee katuvalo-, vesi- ja viemärintisaneerauksia.

Verkon tulee olla riittävän joustava investointien suhteen niin, että jos tulee yllättäen saneeraus- tai uudisrakennuskohde, niin vuotuiset investoinnit eivät kuitenkaan ylityisi vaan jonkun muun kohteen voisi siirtää eteenpäin. Verkon ja pitkän tähtäimen suunnitelman tulisi tämän vuoksi olla helposti muunneltavissa.

5 TALOUS TULEVAISUUDESSA

5.1 Taloudelliset haasteet

Taloudellisesti toimitusvarmuuden nostaminen vaatii suunnittelua ja selkeän oman selvityksensä. Etenkin haja-asutusalueilla taloudelliset haasteet korostuvat vakituisen väestön vähenemisen ja siitä aiheutuvan sähköntarpeen pienenemisen takia. Paikkojen, jotka ovat ennen olleet ympärivuotuisessa käytössä ja nykyään vain kesäisin ke-

sämökkikäytössä, kulutus on huomattavasti pienentynyt. Haastetta lisää asiakkaiden ja omistajien odotukset sähkönjakelun suhteen. Sähkönjakelulta odotetaan parempaa luotettavuutta ja käyttövarmuutta, mutta paremmasta sähkönlaadusta ei olla valmiita maksamaan juurikaan nykyistä enempää. Kehitystyötä hidastaa osittain myös viranomaisvalvonta, jos tuottoja ei voida lisätä investointien tarpeiden suhteessa. /8/

Verkon uudisrakentamisessa ja vanhan verkon saneerauksissa taloudellinen lopputulos saadaan rakentamiskustannusten ja pitoajan käyttö-, ylläpito- ja häviökustannuksien summasta. Uusittaessa vanhaa verkkoa joudutaan päättämään, rakennetaanko uusi verkko samaan paikkaan kuin vanha vai siirretäänkö se kokonaan uuteen paikkaan. Käyttämällä vanhaa sijaintia, päästään eteenpäin jo aiemmin maksetuilla maankäyttökorvauksilla. Kuitenkin uudella paikalla olisi helpompi työskennellä, koska vanhaa johtoa ei tarvitse huomioida eikä järjestellä työkatkoja. Haasteeksi asettuvat sähkön siirtomatkat, mikäli uusi verkko sijoitetaan täysin eri paikkaan kuin vanha verkko. Taloudellinen lopputulos saavutetaan optimointitehtävällä, joka saadaan huomioimalla tekniset ja toiminnalliset reunaehdot. Ehtoina ovat esimerkiksi, ettei johtimien terminen kestoisuus ja oikosulkukestoisuus saa ylittyä, jännitteenaleneman on oltava sallituissa rajoissa vaikuttamatta jännitteen laatuun negatiivisesti ja sähköturvallisuuksäännöksiensä sekä halutun käyttövarmuuden on toteuduttava. /8/

Vanhojen verkkojen saneeraus- ja uusimisajankohdan suunnittelulla ja määrittämisellä on olennaisesti merkitystä. Verkkoa ei tulisi uusia liian aikaisin taloudellisten menetysten takia, muttei kuitenkaan liian myöhään hallitsemattomien tilanteiden takia. Hallitsematon tilanne voi aiheuttaa sen, etteivät resurssit riitä tarvittavaan uudisrakentamiseen. Suuri merkitys sähköverkon uusimisajankohdan määrittelyssä on pylväiden kunnolla ja jäljellä olevalla käyttöajalla. Nämä muodostuvat merkittäviksi tekijöiksi muun muassa johdinvaihtoja suunniteltaessa tai pohdittaessa johtojen siirtoa helpommin lähestyttävään paikkaan.

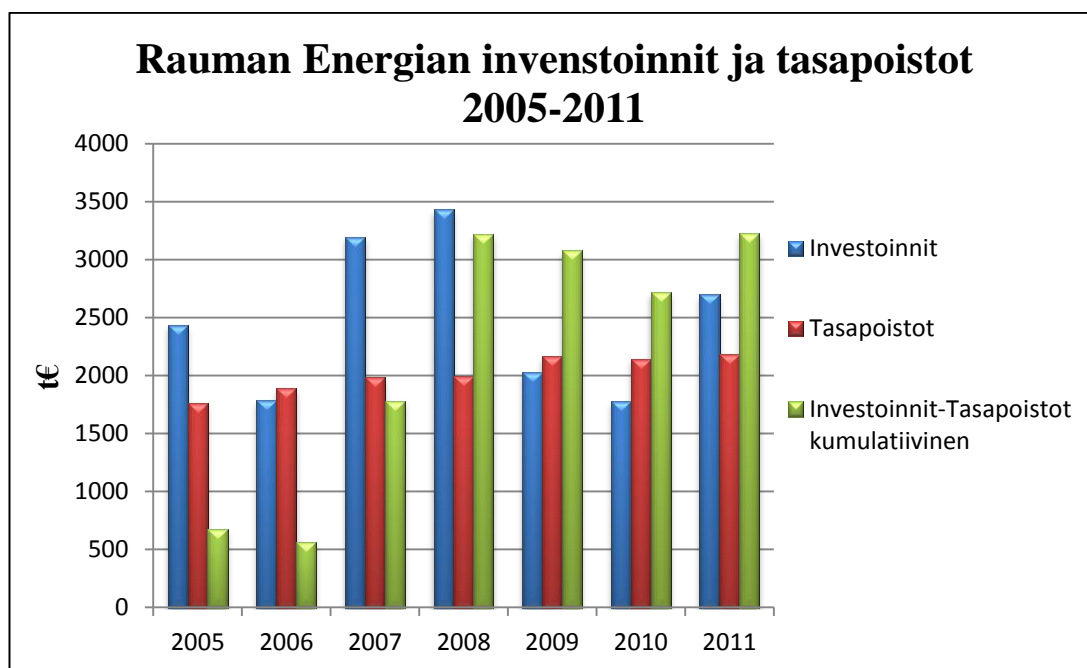
5.2 Tulevat merkittävät investointi- ja tuotantohankkeet

Rauman Energialla on lähivuosina tulossa merkittäviä investointihankkeita. Tällä hetkellä rakenteilla olevalle Lakarin logistiikka- ja teollisuusalueelle on tulossa mitä luultavimmin lähivuosina uusi sähköasema. Lisäksi Rauman sataman/telakan alueelle on suunnitteilla uusi sähköasema.

Energiayhtiö saa Teollisuuden Voiman uudesta ydinvoimalasta tulevaisuudessa neljän megawatin teho-osuuden. Yhtiö on mukana myös Olkiluoto 4 hankkeessa EPV Energia Oy:n kautta. Rauman Energia on Fennovoima Oy:n perustajaosakkaita ja tutkii tuulivoimatuotannon lisäämismahdollisuuksia.

5.3 Investoinnit ja tasapoistot hallintaan

Rauman Energian investointitaso on vuosina 2005–2011 ollut 1,7–3,4 M€, sisältäen myös liittymiin tehdyt uusininvestoinnit. Verkon ikätiedoista lasketut ja verkon jälleenhankinta-arvon perusteella määritellyt tasapoistot, joita viranomaiset tarkastelee, ovat olleet vuosina 2005–2011 1,7–2,1 M€. Kuviossa 3 esitetään REO:n verkostoinvestoinnit ja tasapoistot vuosilta 2005–2011. /12/



Kuvio 3. REO:n investoinnit ja tasapoistot vuosina 2005–2011

Verkostoinvestointien tulisi olla vuosittain vähintään samaa tasoa kuin tasapoistot, jotta verkon kunto pysyisi nykyisellään. Rauman Energian osalta tähän on päästy neljänä vuotena kuudesta, joka on todella hyvin. Vuosien 2009 ja 2010 investoinnit eivät kuitenkaan ole paljoa alle tasapoistojen. Verkkoinvestoinneissa on ollut poisto- ja suurempaa vuotuista vaihtelua, mutta trendi on siltin ollut keskimäärin kasvusuuntainen. Vuosien 2007 ja 2008 yksittäiset suuret investointikustannukset johtuvat pääosin silloin saneeratusta sähköasemasta, mikä vaikuttaa investointitasoihin ja myöskin totta kai verkon arvoon.

Koska Rauman Energian verkkoon on likimain investoitu yli tasapoistojen suuruisen summan, niin verkon arvo on tällöin kasvanut vuosittain. Tasapoistojen vaihtelu on melko vähäistä ja määrä kasvaa melko hitaasti verkon laajentuessa, jolloin siirtöhinnat saadaan pysymään kohtuullisina. Tämä on positiivista asiakkaiden ja muiden sidosryhmien kannalta.

5.4 Tuotto

Tuottotaso pyritään pitämään mahdollisimman lähellä EMV:n määrittelemää kohtuullista tuottoa. Tähän kohtuulliseen tuottoon vaikuttaa verkon arvo, pääomakustannukset ja muut vaikuttimet. Tuottotason pitää pystyä varmistamaan riittävät investoinnit ja toimitusvarmuus. Lisäämällä investointeja sallittu tuotto kasvaa. Eräs Rauman Energian keskeinen strateginen valinta on siirtohintojen kohtuullisuus, joka on omistajataholta määritetty pidettäväksi keskimääräistä edullisempänä./12/

5.5 Rahoitus

Rauman Energialla rahoitus pyritään hoitamaan siirtoliiketoiminnasta saatavilla tuloilla. Rahoitusvirran tulisi olla tasainen ja perustua verkon pitkántähtäimen suunnitteluun. Isot kertaluonteiset investoinnit kuten sähköasemat tai vastaavat voidaan tarvittaessa rahoittaa esimerkiksi lainarahalla, jotta välttyttäisiin perussaneerauksessa välivuosilta./12/

6 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä Rauman Energia Oy:lle sähköjakeluverkon kehittämissuunnitelma, jonka pohjalta aletaan työstää tavoiteverkkoa vuodelle 2030. Työssä otettiin huomioon verkon nykytilanne ja tutkittiin eri työkaluja ja menetelmiä, joilla verkkoa tullaan parantamaan, kehittämään ja suunnittelemaan. Keskeiseksi työkaluksi muodostuu Tekla NIS TSA teema- ja tilastoanalyysi, jonka eri analyyseillä saadaan verkon kunnosta ja muuntautumiskyvystä mahdollisimman paljon selville. Sovellusta tullaan jatkossa käyttämään keskeisenä työkaluna sähköverkon suunnittelussa.

Rauman Enegian keskijännitejakeluverkko on kokonaisuudessaan melko vanhaa ja vaatii osin uudistamista. Sähköteknisesti verkko täyttää kuitenkin sille asetetut vaatimukset ja uudistamistarve johtuu pääasiassa pylväskannan vanhenemisestä. Työssä pohdittiin eri menetelmiä, joilla verkon toimitusvarmuutta voidaan lisätä. Jatkossa tulee tutkia, mitkä toimenpiteet tuovat suurimman mahdollisen hyödyn. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon verkon kunnossapito, investoinnit ja keskeytysten aiheuttamat kustannukset.

LÄHTEET

- /1/ Jussila, J. 2011. Vakka-Suomen Voima Oy. VSV Verkon kehittämissuunnitelma 2012–2027. Viitattu 11.12.2012.
- /2/ TEKLA Xpower System User's Guide. 2009. Version 7.6. Viitattu 20.11.2012.
- /3/ Heikkilä, P. 2009. Sähköverkon kunnossapitojärjestelmän kehitys. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, sähkötekniikan koulutusohjelma, 40s. Viitattu 22.11.2012.
http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/pdf%20julkiset%20dyot/Heikkila_Paula_julk.pdf -
- /4/ Energiateollisuus ry. n.d. 1kV sähköjakelujärjestelmän merkinnät, verkostosuositus YJ 7:06. Viitattu 13.3.2013.
- /5/ Jääskeläinen, V. 2010. 1 kV Teknistoloudellinen analysointi Savon Voima Oy:n sähköverkossa. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 11.12.2012.
- /6/ Hänninen, K. n.d. Verkkoyhtiöt haluavat eroon pitkistä sähkökatkoista. Energiateollisuus Oy. Viitattu 15.2.2013.
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset/tavoite-sahkoverkkojen-uudistamisesta>
- /7/ Kumpulainen, L., Laaksonen, H., Komulainen, R., Martikainen, A., Lehtonen, M., Heine, P., Silvast, A., Imris, P., Partanen, J., Lassila, J., Kaipia, T., Viljainen, S., Verho, P., Järventausta, P., Kivikko, K., Kauhaniemi, K., Lågland, H. & Saaristo, H. 2006. Jakelu- ja alueverkkojen teknologiavisio. Espoo: VTT Tiedote 2361. Viitattu 17.1.2013.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2361.pdf>
- /8/ Lohjala, J. 2005. Haja-asutusalueiden sähköjakelujärjestelmien kehittäminen-erityisesti 1000 V jakelujännitteen käyttömahdollisuudet. Väitöskirja. Lappeenranta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 18.3.2013.
- /9/ Forsten, J. & Lehtonen, M. 2002. Sähkön toimitusvarmuuden parantaminen. Espoo. Raportti, s.20. Viitattu 14.3.2013.
<http://www2.energia.fi/myrsky/pdf/toimitusvarmuus.pdf>

- /10/ Rauman energia Oy vuosikatsaus 2011. Viitattu 18.3.2013.
http://www.raumanenergia.fi/yritys/fi_FI/vuosikertomukset/
- /11/ Seppänen, N. 2012. Käyttökeskuksen järjestelmien käyttö verkon vian-
selvityksessä ja keskeytyksissä. Insinööriyö. Metropolia ammattikor-
keakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 18.3.2013.
[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40762/inssityo_Ni
ko_Seppanen.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40762/inssityo_Niko_Seppanen.pdf?sequence=1)
- /12/ Sisäinen lähde. 2013. Rauman Energia Oy.

LITTEET

LIITE 1 Muuntamoiden vuosienergiat

LIITE 2 KJ- ja PJ -johtokadut metsäalueilla

LIITE 2

